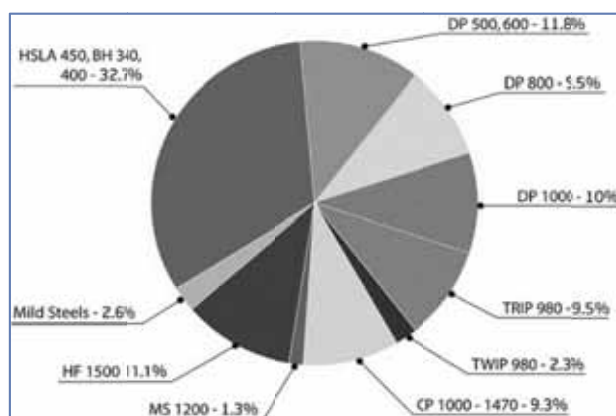
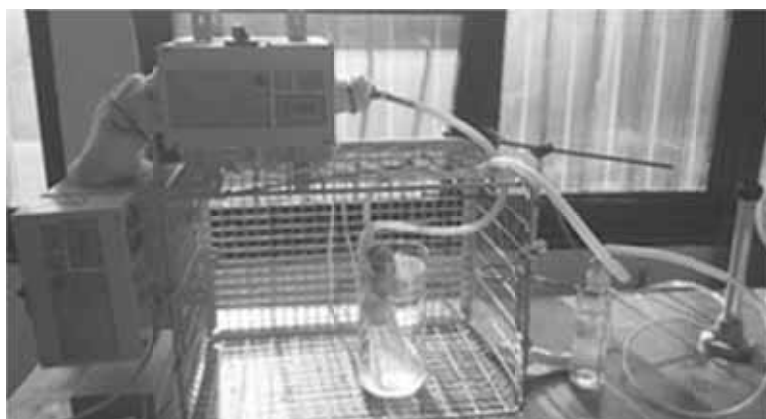


GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA



MACH-TECH



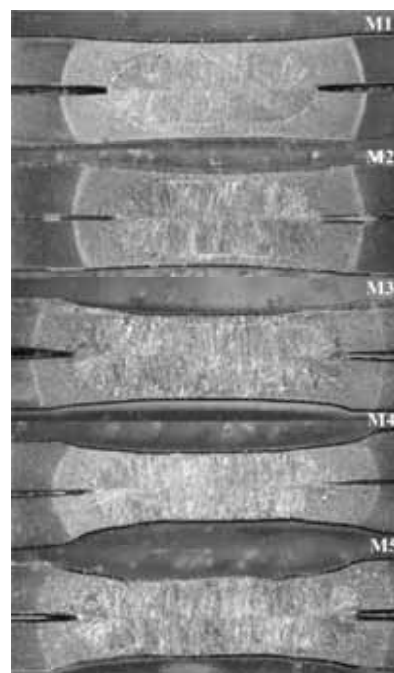
IPAR NAPJAI



2017. május 9-12.



50 ÉVE
hungexpokiállítás



TARTALOM

1. Hanula Barna, Vizur Gábor László:

A MÉRNÖKKÉPZÉS EVOLÚCIÓJA – AVAGY, MIT KÍVÁN MEG TÖLÜNK A Z GENERÁCIÓ?5

Az elmúlt évtizedek társadalmi, gazdasági, technológiai fejlődése rendkívüli mértékben megváltoztatta a mérnökök munkáját, és legalább ugyanilyen mértékben változtak az egyetemre kerülő fiatalok. Nem lehet meglepetés, hogy a képzésnek jelentős mértékben meg kell változnia ahhoz, hogy alkalmazkodjon az új feltételekhez. Ehhez meg kell vizsgálni a képzés tényleges céljait, struktúráját, tartalmát és módszertanát is.

2. Pfliegler Péter, Várnai Beáta, Márton Ádám:

MISKOLC MEGYEI JOGÚ VÁROS ÁTFOGÓ FEJLESZTÉSEI8

A cikkben bemutatjuk, hogy Miskolc Megyei Jogú Város az elmúlt évek átfogó fejlesztései révén a fejlett, innovatív technológiákat alkalmazó magyar és nemzetközi vállalkozások leteleptetésével egy modern, élhető regionális központtá vált, amelyben jelentős szerepet jut a járműipari gyártó vállalatoknak. Miskolc a továbblépés lehetőségeit az okos és zöld várossá válás alapelvei mentén tervezi.

3. Jármai Károly, Farkas József:

TEHERAUTÓ ALVÁZ-SZERKEZET MÉRTEZÉSE MINIMÁLIS TÖMEGRE ÉS KÖLTSÉGRE KÜLÖNBÖZŐ ANYAGOK ALKALMAZÁSÁVAL13

A cikkben egy Magyarországon gyártott teherautó alvázszerkezetét vizsgálták. A szerkezet acél, vagy extrudált Al-ötvözet anyagi hossz- és keresztmetszetből, valamint egy borító fedőlemezről áll. A Hillclimb optimáló módszer segítségével jelentős tömeg és költségmegtakarítás érhető el, mivel csökkenti a fedőlemez vastagságát és a keresztmetszet méretét és számát. Tervezési feltételek a hegesztett kötések kifáradása, az extrudált vagy normál profilok helyi horpadása és a gyártási feltételek.

4. Ervin Kerekes, Ákos Finta, Gábor Erdei, Miklós Tóth:

EMISSZIÓVÉDELEM HOSSZÚTÁVON – ÚJ KIHÍVÁSOK A BELSŐÉGÉSŰ MOTOROK EMISSZIÓS FEJLESZTÉSÉBEN19

A napjainkra minden eddiginél összetettebbé és bonyolultabbá váló motorfejlesztést két fő szempontrendszer vezérli, nevezetesen a vevői elvárások és a törvényi szabályozások. Bármelyik szempontrendszer nézzük is, mindegyik bőven ellátja a motorfejlesztőket feladatokkal. Ha mégis különbséget akarunk tenni közöttük, az a kompromisszumok lehetőségében rejlik. Míg a vevői elvárások tekintetében köthetők kompromisszumok, addig a törvényi előírások esetében ez nem lehetséges.

5. Zsemberi Andor, Siménfalvi Zoltán Károly,

Palotás Árpád Bence:

A TERMO-KATALITIKUS HŐBONTÁS MŰVELETI PARAMÉTEREINEK VIZSGÁLATA22

Munkánk során termo-katalitikus krakkolási technológiát vizsgáltunk különböző hőmérsékleti szinteken, amely alkalmas gumi-, műanyag-hulladék, illetve egyéb szilárd szén-hidrogén alapú nyersanyagot főként folyékony- és gáz halmazállapotú értékes frakcióvá konvertálni. A kísérleti eredményeinket alapul véve olyan általános matematikai modellt alkottunk, amely segítségével nagy biztonsággal végezhetünk vizsgálatokat is.

6. Palotás Béla, Pogonyi Tibor:

KORSZERŰ NAGYSZILÁRDSÁGÚ ACÉLOK ELLENÁLLÁS PONTHEGESZTÉSÉNEK EREDMÉNYEI A DUNAÚJVÁROSI EGYETEMEN27

A nagyszilárdságú szerkezeti anyagokra jellemző a finomszemcsés, sőt ultra-finomszemcsés szerkezet. A gyakorlatban ezeket az anyagokat is kell hegeszteni a szerkezetek gyártása során biztosítva azt, hogy a hegesztéskor ne jöjjön létre szemcsedurvulás, vagy ne jöjjön létre nem kívánt kiválások.

7. Szilágyiné Biró Andrea, Tisza Miklós:

AKTÍV ERNYŐS PLAZMANITRIDÁLÁS BIAS FESZÜLTSGÉNEK HATÁSA NITRIDÁLHATÓ ACÉL NITRIDÁLT RÉTEGÉRE34

Mindaddig, amíg az alkatrészek felületével szemben a kopásállóság elvárásként felerősül, a nitridálás technológiája fontos hőkezelési technológia lesz az ipari gyakorlatban és a hőkezelési kutatásban egyaránt. E publikáció célja napjaink hőkezelési kutatásainak középpontjában álló aktív ernyős plazmanitridálás során alkalmazott BIAS feszültség rétegszerkezetre gyakorolt hatásának bemutatása az elvégzett kísérletek alapján.

8. Sója János, Sebestyén Zoltán, Czégény Zsuzsanna,

Miskolczi Norbert:

POLIMER HULLADÉKOK HŐBONTÁSÁRA SZOLGÁLÓ TECHNOLÓGIÁK40

A polimer hulladékok mechanikai és kémiai úton is újrahasznosíthatók. A mechanikai hasznosítás során a hulladékokat anyagában hasznosítják. Ez azt jelenti, hogy a hulladék műanyagot adott mennyiségben a gyári alapanyagba keverik, majd abból hagyományos műanyag-feldolgozó eljárásokkal állítják elő a terméket (pl.: gépkocsikat, használati tárgyat, fűtőt stb.). Az újrahasznosítás másik lehetősége a hulladék műanyagok levegőtől elzárva – vagy inert atmoszférában –, magas hőmérsékleten történő termikus kezelése. A folyamat során értékes szénhidrogének, egyedi vegyületek, oldószerek, szén nanocső, hidrogén stb. állítható elő.

9. Fenyvesi Bence:

VORTEX ÁRAMLÁSMÉRŐ KALIBRÁLÁSI TAPASZTALATAI45

Bemutatásra került egy vortex áramlásmérő teljes kalibrálási folyamata. Ez magában foglalta egy kalibráló berendezés tervezését és kivitelezését a megadott paraméterek alapján, a kalibrálási mérések elvégzését, majd a mérési adatok feldolgozását és azok kiértékelését. A kiértékelés során a műszer mérési elvéből adódó nemlinearitás hatásait vizsgálták. A mérési adatok feldolgozásának eredményeként kijelenthető, hogy a műszer minden vizsgálati pontban teljesítette, illetve több pontra vonatkozóan túlteljesítette az előzetes elvárásokat.

10. Varga Attila, Dr. Fenyvesi László, Dr. Keppler István:

KEVERÉSI HATÉKONYSÁG VIZSGÁLATA DISZKRÉT ELEMÉK MÓDSZERÉVEL52

Azt vizsgálták, hogyan változik a keverési hatékonyság 5 különböző levélátmérővel rendelkező keverő csigák esetén adott fordulatszám mellett és menetemelkedés mellett. A szimulációkban alkalmazott szemcsehalmaz búza volt. Egy búzaszemcsét három egymásban metsző gömb segítségével modelleztek. Az eredmények azt mutatják, hogy a keverő csiga levélátmérőjének a növelése nem javítja a keverési hatékonyságot.

TEHERAUTÓ ALVÁZ-SZERKEZET MÉRETEZÉSE MINIMÁLIS TÖMEGRE ÉS KÖLTSÉGRE KÜLÖNBÖZŐ ANYAGOK ALKALMAZÁSÁVAL

OPTIMUM DESIGN OF A TRUCK FLOOR FOR MINIMUM MASS AND COST, USING DIFFERENT MATERIALS

Jármai Károly*, Farkas József**†

ABSTRACT

In the article the floor structure of a truck produced by a company in Hungary has been investigated. The structure consists of steel members, or extruded Al-alloy longitudinal and cross members as well as a tread deck plate. Using an optimum design process, namely the Hillclimb optimizer, significant mass and cost savings may be achieved by decreasing the deck plate thickness and changing the profile, dimensions and number of cross members. Comparison is made using the combination of the steel and aluminium, or using only steel alone. Design constraints relate to fatigue stress range of welded joints, to local buckling of extruded or normal profiles and to fabrication size limitations.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben egy Magyarországon gyártott teherautó alvázszerkezetét vizsgálták. A szerkezet acél, vagy extrudált Al-ötvözet anyagú hossz- és kereszttartókból, valamint egy borító fedőlemezből áll. A Hillclimb optimáló módszer segítségével jelentős tömeg és költségmegtakarítás érhető el, mivel csökkenti a fedőlemez vastagságát és a kereszttartók méretét és számát. Összehasonlítás történik acél és alumínium kombináció, vagy kizárólag acél alkalmazása esetén. Tervezési feltételek a hegesztett kötések kifáradása, az extrudált vagy normál profilok helyi horpadása és a gyártási feltételek.

1. BEVEZETÉS

Vannak olyan italszállító teherautók, ahol a teherautó alváz-szerkezet egy olyan acélváz, amelynél két csavarozott hosszanti gerenda között keresztgerendák vannak elhelyezve. Ezek lehetnek szerkezeti acél gerendák, vagy Al-ötvözetek. Az alváz-szerkezet három részből áll az 1. ábrának megfelelően: hosszirányú tartók, hegesztett keresztgerendák, fedőlemez a raklap-terhelés felvételére. A keresztmerezítők anyaga Al-ötvözet AlMgSi0.7 a német DIN 1725 [1] szerint, $R_{p0.2}$

= 215 MPa a DIN 1748 [2] szerint (a nemzetközi ötvözet típus 6005A). A padlót jelentő fedőlemez anyaga szintén egy Al-ötvözet, AlMg2.5 (nemzetközi ötvözet típusú 5052). Ezek a fő szerkezeti részek vannak a szélső keretre rögzítve, mely tartja a tetőszerkezet, az oldalfalak és az ajtók súlyát. Az alváz szerkezet optimalizálását végeztük el korábban alumínium alkalmazása esetén. Ezt a számítást korszerűsítettük és mind aluminium, mind normál acél alkalmazását vizsgáltuk. Annak a ténynek köszönhetően, hogy a kifáradási határ a szerkezeti acél esetén az Eurocode 3 szerint legfeljebb 690 MPa és IIW ajánlás szerint 960 MPa folyáshatárig nem változik, nem érdemes alkalmazni nagyobb szilárdságú acélokat, csak normál szerkezeti acélt.

Célunk az, hogy csökkentsük az anyagköltséget az alváz-szerkezet megváltoztatásával, az alkalmazott kereszttartó profilok optimális mérete és száma, valamint a padlólemez optimális vastagsága meghatározásával, szerkezeti acél, vagy aluminium figyelembe vételével.

2. TERHELÉSI ESETEK

2.1 A vízszintes alvázra ható erők

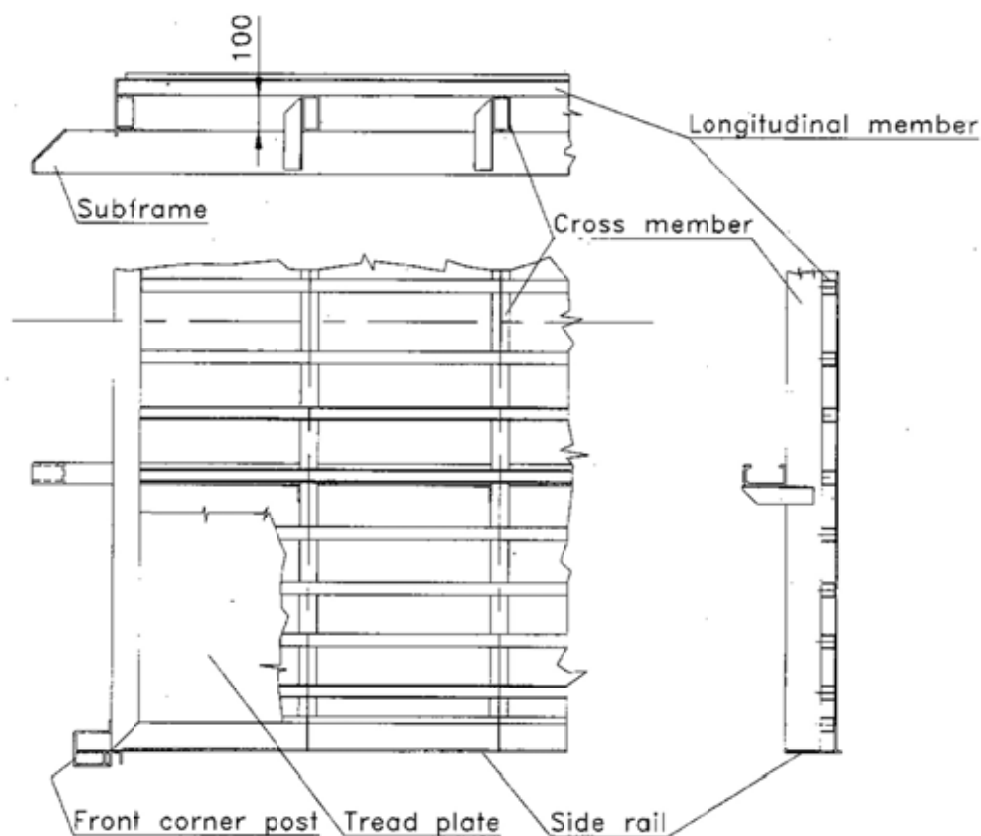
A keresztmerezítők méretezésénél két fő terhelést különböztetünk meg: (a) a palettákról áthatódó erők, a tető, az ajtó, az oldalfalak súlyereje a vízszintes padlóra; (b) ugyanaz a terhelés, mint (a)-ban, de az egyik kerék a szegélyköre áll és a váz elcsavarodik.

A külső keresztmerezítőre ható terhelések:

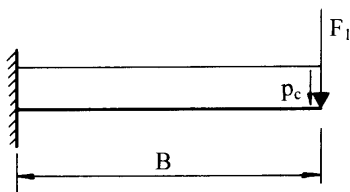
sarok oszlop		205 N
tető	2060/4	515 N
felső ajtó	1420/2	710 N
mellső fal	1033/2	<u>516 N</u>
		$F_I = 1946 N$

* professzor, Miskolci Egyetem Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

**† emeritus professzor, Miskolci Egyetem Logisztikai Intézet



1. ábra Az alváz szerkezete



2. ábra A keresztmerevítő konzolos részére ható terhelés

A palettákról származó erők: a paletta tömege $F_p = 8500$ N, az egyenletesen megoszló terhelés $p = F_p n_p / (BL)$, ahol a fél alapterületre helyezett paletták száma $n_p = 5$, B és L a fél konzolos padlófelület méretei. Az egyenletesen megoszló, kereszttartóra ható normál terhelés $p_c = pL / (n_c - 1)$, n_c a kereszttartók száma. A kereszttartó maximális hajlító nyomatéka (2. ábra)

$$M_{\max} = \frac{p_c B^2}{2} + F_1 B = \frac{F_p n_p B}{2(n_c - 1)} + F_1 B \quad (1)$$

Számolva a további adatokkal $F_p = 8500$ N, $n_p = 5$, $B = 720$ mm, $F_1 = 1946$ N a különböző darabszámú kereszttartóra a hajlító nyomatékok az alábbiak.

Ez a szám a paletta mérete miatt korlátozott (800 mm) minimum $n_{c,\min} = 10$. Mivel a keresztmerevítők eredeti száma 14, ezért mi a következő kiosztásokkal számolunk $n_c = 14$, 12 és 10. Ezen n_c értékekhez a hajlító nyomaték a következő:

$$M_{14} = 2,578, \quad M_{12} = 2,792 \quad \text{és} \quad M_{10} = 3,1011 \text{ kNm.}$$

A csatlakozó nyíróerők az n_c függvényében a következők:

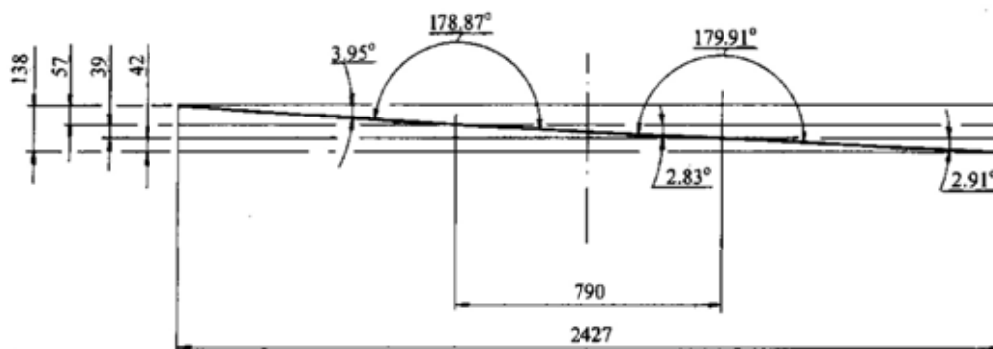
$$Q = F_p n_p / (n_c - 1) + F_1; \quad Q_{14} = 5215, \quad Q_{12} = 5810 \quad \text{és} \quad Q_{10} = 6668 \text{ N.}$$

2.2 Az elcsavarodott váz terhelése

Korábban mérések történtek arra vonatkozóan, hogy amikor az egyik kerék járdán áll, aminek a magassága 91 mm, megrakott palettákkal milyen deformációt szenved. A mért deformációk azt mutatják, hogy a kereszttartók a kerék közelében megemelkedtek, amint a 3. ábrán látható. Ez a kereszt-merevítő mint egy konzolos tartó számítható teljes hosszában L_c olyan erővel terhelve, ami a w deformációhoz tartozik. Ez a deformáció közelítőleg számítható a következő módon $w = 138 - L_c \varphi$, ahol $L_c = 2427$ mm, $\varphi(\text{rad}) = 2,91^0 \pi / 180^0 = 0,0508$, így $w = 15$ mm. Továbbá

$$F = \frac{3EI_x w}{L_c^3}; \quad M_{c, \max} = FL_c$$

(2) ahol $E = 7 \cdot 10^4$ MPa az alumínium rugalmassági modulusza, $E = 2,1 \cdot 10^5$ MPa acél esetén, I_x pedig az inercianyomaték.



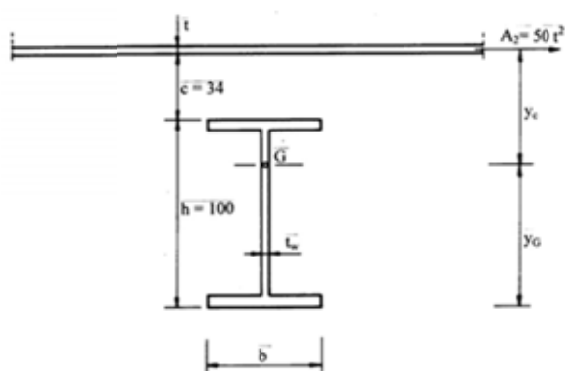
3. ábra Mért deformáció az elcsavarodott keresztartónál, amikor a baloldali kerék a járdán áll

3. A KERESZTTARTÓK GEOMETRIAI JELLEMZŐI

A hajlítást és nyírást kapó keresztmetszet a keresztartó és a fedőlemez egy részének figyelembevételével adódik (4. ábra). A fedőlemeznel együtt dolgozó lemezszélességet számoltunk $50t$ értékben, ahol t a lemezvastagság. Hegesztett I-szelvény esetén a jellemzők a következők (4. ábra):

$$A_1 = ht_w + 2bt_f \quad (3)$$

$$I_x = \frac{h^3 t_w}{12} + \frac{bt_f h^2}{2} + A_1 \left(y_c - \frac{h}{2} \right)^2 + A_2 y_G^2 \quad (4)$$



4. ábra A hegesztett I-szelvény és a fedőlemez

Korábbi számításunk során [3] összehasonlítottuk a négyzetcső (RHS), az I- és a C-profilokat. Azt tapasztaltuk, hogy a legjobb szelvény az I-szelvény. Ennél a számításnál ezért már csak az I-szelvényt vizsgáljuk.

4. TERVEZÉSI FELTÉTELEK

4.1 Fáradási feltétel vízszintes vázszerkezet esetén

$$\sigma_1 = \frac{M_{\max}}{I_x} y_{\max} \leq \frac{\Delta \sigma_N}{\gamma_{Mf}}; \quad y_{\max} = \max(y_G, y_c) \quad (5)$$

$$\tau_1 = \frac{Q}{A_w} \leq \frac{\Delta \tau_N}{\gamma_{Mf}} \quad (6)$$

ahol $A_w = ht_w$ a gerinclemez területe az I-artónál.

Mivel a keresztartók az alvázkerethez hegesztve vannak, ezért azok hegesztett kötéseit fáradásra méretezni szükséges. A fáradási feszültség amplitúdó [4, 5] szerint $2 \cdot 10^6$ ciklusszám esetén a transzverzális merevítő bekötése a tartó gerinclemezéhez (512-es részlet szerkezeti alumínium ötvözetre) $\Delta \sigma_c = 28$ MPa. A számításnál a realisabb $N = 2 \cdot 10^5$ -ös ciklusszámmal dolgozva a fáradási határ:

$$\log \Delta \sigma_N = \frac{1}{3} \log \frac{2 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^5} + \log \Delta \sigma_c = 1,78049; \quad \Delta \sigma_N = 60,3 \text{ MPa} \quad (7)$$

Acélra $\Delta \sigma_c = 80$ (512-es részlet szerkezeti acélra, ugyanaz, mint alumínium ötvözetre) $\Delta \sigma_N = 172,3$ MPa. Az alkalmazott biztonsági tényező 1,25.

Alumíniumra

$$\frac{\Delta \sigma_N}{\gamma_{Mf}} = \frac{60,3}{1,25} = 48,2 \text{ MPa} \quad (8)$$

Nyírásra

$$\Delta\tau_C = 28; \Delta\tau_N = 44,3;$$

$$\frac{\Delta\tau_N}{\gamma_{Mf}} = \frac{44,3}{1,25} = 35,44 \text{ MPa} \quad (9)$$

Acélra

$$\frac{\Delta\sigma_N}{\gamma_{Mf}} = \frac{172,3}{1,25} = 137,8 \text{ MPa} \quad (10)$$

Nyírásra

$$\Delta\tau_C = 80; \Delta\tau_N = 126,8;$$

$$\frac{\Delta\tau_N}{\gamma_{Mf}} = \frac{126,8}{1,25} = 101,44 \text{ MPa} \quad (11)$$

Megjegyezzük, hogy a hajlító nyomaték számításánál a statikus F_I erőt alkalmaztuk a fáradási feltételnél is, ami egy közelítés a biztonság javára.

4.2 Fáradási feltétel elcsavarodott vázszerkezet esetén

$$\sigma_2 = \frac{M_{c,max}}{I_x} y_{max} = \frac{3Ew}{L^2} y_{max} \leq \frac{\Delta\sigma_{N1}}{\gamma_{Mf}} \quad (12)$$

Az elcsavarodott váz esetén a maximális hajlító nyomaték a keresztartók végénél adódik, ahol az alváza behegesztésre kerül sarokvarratokkal. Ennek a kötésnek a fáradási határa 2 millió ciklusra [5] szerint (413-as elem) $\Delta\sigma_{C1} = 22 \text{ MPa}$ és a realisabb $N = 10^5$ ciklusszámmal.

$$\frac{\Delta\sigma_{N1}}{\gamma_{Mf}} = \frac{59,7}{1,25} = 47,7 \text{ MPa} \quad (13)$$

4.3 A profilok helyi horpadási feltétele

Az I-szelvény gerinclemeze (nem merevített)

Alumínium esetén

$$h/t_w \leq 22\varepsilon/g; \quad (14)$$

Acél esetén [6]

$$h/t_w \leq 69\varepsilon/g; \quad (15)$$

$$g = 0,65 + 0,35 \frac{y_0}{y_c}, \quad \text{ahol} \quad 1 \geq \frac{y_0}{y_c} \geq 0$$

$$g = 0,65 + 0,30 \frac{y_0}{y_c}, \quad \text{ahol} \quad 0 \geq \frac{y_0}{y_c} \geq -1$$

$$y_0 = y_G - \frac{t}{2} - c \quad (16)$$

$$y_c = h + c + \frac{t}{2} - y_G \quad (17)$$

Az I-szelvény övlemeze (nem merevített)

Alumínium esetén

$$b/t_f \leq 14\varepsilon \quad (18)$$

Acél esetén

$$b/t_f \leq 28\varepsilon \quad (19)$$

$$\text{Alumíniumnál } \varepsilon = \sqrt{\frac{250}{\sigma_{max}/\gamma_{M1}}},$$

$$\text{acélnál } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{\sigma_{max}/\gamma_{M1}}} \quad (20)$$

4.4 Gyártási feltételek, méret korlátozások

Néhány méret az eredeti szerkezetenél konstans, ezek a következők:

$$h = 100, \quad c = 34 \text{ mm.}$$

A gerincvastagság limitált

$$t_{w,min} = 3,4 \text{ mm}$$

azért, hogy a hegesztés minősége garantált legyen.
A fedőlemez vastagsága szintén limitált

$$t_{min} = 2 \text{ mm}$$

A keresztmerekítőket az oldalsó vázhoz kell hegesztetni, ezért nem lehet rajtuk merevítő, mert akadályoznák a hegesztést. Megjegyezzük, hogy az extrudált alumínium I-profiloknál az egyszerű hajlításra való optimalás azonos keresztmetszet területet adott, függetlenül attól, hogy merevített, vagy merevítetlen a szelvény.

5. OPTIMÁLÁSI JELLEMZŐK ÉS EREDMÉNYEK

Az *optimálandó célfüggvény* a keresztmerekítők és a hozzá tartozó fedőlemez rész keresztmetszet területe (3) egyenlet.

Az *ismeretlen változók* a profil méretei az övnél b és t_f .

A *méretezési feltételek* a következők: (5, 6, 12, 14, 15, 19) egyenletek.

Az optimalást *I szelvényre* végeztük el *három keresztmerekítő darabszám esetén* $n_c = 14, 12$ és 10 .

A matematikai módszer: a Rosenbrock féle Hillclimb algoritmus került felhasználásra [7]. Az eredményeket az 1. táblázat tartalmazza.

6. TÖMEG MEGTAKARÍTÁS

Az eredeti fedőlemez vastagsága $t = 4,5$ mm, méretei 2280×6750 mm, az Al-ötvözet sűrűsége $\rho = 2,7 \cdot 10^{-6}$ kg/mm³, az acélé $\rho = 7,85 \cdot 10^{-6}$ kg/mm³, tömege $m_{pl} = \rho t(2280 \times 6750) = 186,98$ kg.

Alumínium esetén

Az optimált Al lemez tömege $t = 2,0$ mm vastagság esetén $m_{pl,opt} = 83,11$ kg.

Az eredeti Al keresztartók tömege a következő módon számítható:

$$m_c = \rho A_1 n_c L_{cm}, \quad (21)$$

ahol $L_{cm} = 2440$ mm a keresztartó hossza. A számított tömeget az 1. táblázat mutatja.

Az eredeti keresztartók és a fedőlemez tömege

$$m = m_{pl} + m_c = 186,98 + 117,50 = 304,48 \text{ kg.}$$

Az optimált Al megoldás tömege $m_{min} = 83,11 + 89,20 = 172,31$ kg,

a tömeg megtakarítás 132,17 kg, egy teherautó esetén (43%).

Acél esetén

Az optimált acéllemez $t = 2,0$ mm vastag, tömege $m_{pl,opt} = 146,424$ kg.

Az acél tömege számítható a (21) képlet szerint.

A merevítők és a fedőlemez tömege

$$m_{min} = m_{pl,opt} + m_c = 146,42 + 93,28 = 239,7 \text{ kg.}$$

a tömeg megtakarítás az eredeti szerkezethez képest 64,78 kg, egy teherautó esetén (22%).

1. táblázat Az optimálás eredményei

Profil	$n_c = 14$	$n_c = 12$	$n_c = 10$
alumínium			
b	55	60	65
t_f	7,2	7,2	7,8
I-profil A_1	1332	1404	1536
m_c kg	104,41	95,18	89,20
K_T \$	927	927	927
k_T \$	0,54	0,63	0,795
K_c \$	304,74	291,78	260,64
acél			
b	30	30	35
t_f	2	2	2,1
I-profil A_1	660	660	747
m_c kg	123,35	105,73	93,28
K_T \$	187	187	187
k_T \$	0,109	0,128	0,153
K_c \$	269,77	252,15	247,4

7. KÖLTSÉG MEGTAKARÍTÁS

Alumínium esetén

A fedőlemez költsége

London Metal Exchange (LME) alumínium ár [8]

1,559 \$/kg

Pótdíj 0,9568

Összesen 2,5159 \$/kg.

Az eredeti lemez költsége ($t = 4,5$) $186,98 \times 2,5159$

470,44 \$

Az optimált lemez költsége ($t = 2$ mm) $83,11 \times 2,5159$

209,09 \$

A keresztartók költsége

LME alumínium profil ár 2,5159 \$/kg

Extrudálási munka költsége 1,3004 \$/kg

Összesen $k_c = 3,8163$ \$/kg

Az összköltség, figyelembe véve a szerszám költséget is

$$K_T = k_c m_c + k_T, \quad (22)$$

ahol

$$k_T = \frac{K_T}{50 n_c L_{cm}}. \quad (23)$$

K_T a szerszám költsége, $50 n_c L_{cm}$ a teljes extrudált tartóhossz 50 teherautóra (egy éves termelés).

Az eredeti fedőlemez és keresztmerevítők költsége $K = 470,44 + 457,00 = 927,44$ \$,

az optimálás eredményeként (10 keresztmerevítő mellett) $K_{min} = 209,09 + 341,18 = 550,27$ \$.

A költségmegtakarítás egy darab Al alváz esetén 377,17 \$, ami 39%-ot jelent.

Az eredményeket a 2. táblázat mutatja.

Acél esetén

A fedőlemez költsége

London Metal Exchange (LME) acélára 0,375 \$/kg

Pótdíj 0,231

Összesen 0,606 \$/kg

Az optimált acéllemez költsége ($t = 2$ mm)

$241,623 \times 0,606 = 146,424$ \$.

A keresztmerevítők költsége

LME acél ár 0,606 \$/kg

Vágási és hegesztési költségek 0,475 \$/kg

Összesen $k_c = 1,081$ \$/kg

A teljes költség, ami tartalmazza a szerszám költséget is a (22) és (23)-es egyenletek szerint írható fel.

A számítás eredményeit a 2. táblázat mutatja.

Az *Al* alvázszerkezet teljes optimált költsége (10 darab I-profilos merevítővel) $K_{min} = 209,09 + 341,18 = 550,27$ \$.

Ugyanez a szerkezet acél esetén optimálás után (10 darab hegesztett I-profilos merevítővel) $K_{min} = 146,42 + 100,98 = 247,40$ \$.

A költségmegtakarítás egy acél teherautónál 302,87 \$ (55%).

2. táblázat A keretek költsége és tömege különböző anyagok esetén a következő

	Eredeti alumínium szerkezet	Optimált alumínium	Optimált acél
Szerkezeti tömeg kg-ban	304,48	172,31	239,7
Szerkezeti költség \$-ban	927,44	550,27	247,40
Tömeg megtakarítás %-ban az eredetihez képest	0	43,4	21,2
Költség megtakarítás %-ban az eredetihez képest	0	40,7	73,3
Tömeg megtakarítás %-ban az optimált <i>Al</i> -hoz képest		0	-39,1
Költség megtakarítás %-ban az optimált <i>Al</i> -hoz képest		0	55,0

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Abban az esetben, ha a teherautó alváz extrudált *Al* profilok alkalmazásával kerül összehegesztésre, az optimális méretezés eredményeképpen jelentős tömeg és költség megtakarítás érhető el az eredeti, nem optimált szerkezethez képest. Ez 43% és 40% költség- és tömegcsökkenést jelent. Az extrudált keresztmerevítők szelvényméretét optimáltuk, figyelembe véve a fedőlemez együttdolgozó lemezszélességét is. A célfüggvény a keresztmerevítő szelvényterülete volt és fáradási, valamint helyi horpadási feltételeket vettünk figyelembe. Gyártási szempontok, amik a méretkorlátozásokra vonatkoztak szintén alkalmazásra kerültek.

Nemcsak vízszintes pozíciójú alváz szerkezetet vizsgáltunk, hanem elcsavarodottat is, amikor a teherautó egyik kereke járdán áll. Ebben az esetben növekednek a hajlító nyomatékok, melyek számítását korábbi kísérleti deformáció mérésekre alapoztuk.

Az optimálás mutatja, hogy a fedőlemez vastagsága 4,5 mm-ről 2,0 mm-re, az eredeti *Al* keresztmerevítő száma 14-ről 10-re csökkent. Az eredeti merevítő keresztmetszetet, ami négyszögszelvény volt (RHS) helyettesíteni lehetett I- vagy C- profilokkal, melyek méretei optimálisak. Ezen változtatások 141 kg

csökkenést eredményeztek a tömegnél, illetve 377,17 \$ csökkenést a költségnél a teherautó alváz szerkezetét tekintve.

Hangsúlyozzuk, hogy a csavarás ellenére a keresztmerevítőket a második fajta terhelésnél növekvő mértékű hajlításra méreteztük, mert úgy tekintettük, hogy az oldalsó főtartók felveszik a csavarást. Csavarás esetén egyébként az RHS szelvények természetesen előnyösebbek a nyitott profiloknál.

Hegesztett acéllemez és keresztmerevítőket alkalmazva az optimálás hasonló módon elvégeztük. Ebben az esetben *Al* helyett szerkezeti acélt alkalmazva a tömeg természetesen növekszik, viszont a költségek jelentősen 55%-al csökkennek az alumíniumhoz képest. Természetesen az üzemeltetési költségek függenek a jármű tömegétől. A tömegnövekedés fogyasztást növelő hatása mérésekkel határozható meg, hogy a futásteljesítmény alapján meg lehessen mondani, melyik megoldás és meddig gazdaságos.

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, továbbá az OTKA T 109860 projekt támogatásával valósult meg. A második szerző Farkas József[†] professzor nemrég eltávozott közülünk. Ezzel a cikkel is az acélszerkezetek optimálása témában végzett hat évtizedes tudományos munkásságának adózunk.

10. IRODALOM

- [1] DIN 1725-1983. Aluminiumlegierungen. Knetlegierungen, <https://www.beuth.de/en/standard/din-1725-1/2650507>
- [2] DIN 1748-1981. Strangpressprofile aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen - Zulässige Abweichungen, www.beuth.de/en/standard/din-1748-4/928185
- [3] FARKAS,J., JÁRMAI,K., DÜL,R.: Minimum cost design of a truck floor welded from aluminium-alloy profiles, *Welding in the World*, Pergamon Press, Vol. 45, 2001, No.9-10. pp. 19-22. ISSN 0043-2288
- [4] FARKAS,J.,JÁRMAI,K.: Optimum design of steel structures, Springer Verlag, Heidelberg, 2013. 288 p. ISBN 978-3-642-36867-7, <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-36868-4>
- [5] HOBACHER, A. IIW Recommendations for fatigue design of welded joints and components. IIW-doc. IIW-1823-07, ex XIII-2151r3-07/XV-1254r3-07
- [6] Eurocode 3. Part 1.1. Design of steel structures. General rules and rules for buildings. European Committee for Standardization. Brussels, 2005.
- [7] ROSENBROCK,H.H. An Automatic Method for Finding the Greatest or Least Value of a Function, *The Computer Journal* (1960) 3 (3): 175-184. doi: 10.1093/comjnl/3.3.175
- [8] London Metal Exchange <http://www.lme.com/metals/> hozzáférés: 2016. szeptember 17.